

PENAMBAHAN BAHAN BERBASIS MINYAK PADA PCM PARAFIN GUNA MENINGKATKAN KARAKTERISTIK PENYIMPANAN TERMAL PADA KOLEKTOR SURYA

Hary Sutjahjono¹, Dwi Djumhariyanto²

¹Staf Pengajar Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

²Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

E-mail : hary.enconvers@gmail.com

Naskah diterima: 03 Desember 2017 ; Naskah disetujui: 28 Desember 2017

ABSTRAK

Permintaan energi dunia terus meningkat sepanjang peradaban umat manusia. Usaha – usaha untuk mendapatkan energi alternatif telah lama dilakukan. Salah satunya dengan penggunaan energi surya sebagai kolektor untuk pemanas air. Kolektor pemanas air dilengkapi dengan media penukar kalor berupa Phase Change Material (PCM) untuk mengoptimalkan kinerja kolektor. Ada empat bahan yang digunakan untuk PCM adalah campuran parafin dengan minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas masing – masing persentase dari ke empat bahan campuran dengan parafin sebesar 20% dari volume total. Pengujian dilakukan dengan proses pemanasan pada kolektor selama 1 jam dengan suhu konstan yaitu 100°C dan dilanjutkan proses pendinginan selama 2 jam dengan suhu kamar $\pm 30^{\circ}\text{C}$. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kecepatan pemanasan terbaik didapatkan oleh PCM parafin campuran minyak kelapa bekas 20% dengan mencair keseluruhan pada menit 10 dengan suhu 43,3°C. Pada proses pendinginan, campuran minyak kelapa 20% dapat menahan suhu lebih baik dengan suhu akhir 42,2°C. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan minyak kelapa bekas meningkatkan konduktivitas termal bahan dari PCM itu sendiri.

Kata Kunci: Penambahan bahan berbasis minyak; karakteristik; kolektor surya

PENDAHULUAN

Perkembangan energi dunia terus meningkat sepanjang peradaban umat manusia. Proyeksi permintaan energi pada tahun 2050 hampir mencapai tiga kali lipat. Usaha-usaha untuk mendapatkan energi alternatif telah lama dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi yang tidak dapat diperbaharui. Selain itu dari berbagai penelitian telah didapatkan salah satu contoh bahwa kualitas udara telah semakin mengawatirkan akibat pembakaran minyak bumi [1].

Di Indonesia sendiri masih menghadapi persoalan dalam mencapai target pembangunan bidang energi. Di sisi lain, ternyata Indonesia menghadapi penurunan cadangan energi fosil yang terus terjadi dan belum dapat diimbangi dengan penemuan cadangan baru untuk memenuhi segala konsumsi di dalam negeri. Indonesia merupakan daerah katulistiwa dan daerah tropis dengan luas daratan hampir 2 juta km^2 . Ada banyak energi yang bisa dimanfaatkan dimuka bumi Indonesia ini, salah satu contoh yaitu energi surya. Dikarunia penyinaran matahari lebih dari 6 jam sehari atau sekitar 2.400 jam dalam setahun [2].

Adapun salah satu manfaat dari energi panas matahari ini adalah untuk pemanas air. Untuk dapat langsung memanfaatkan energi panas matahari untuk

memanaskan air dapat digunakan suatu perangkat yang dapat mengumpulkan suatu energi matahari sampai permukaan bumi, perangkat atau alat itu disebut dengan kolektor surya. Kolektor surya ini bisa didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi matahari sebagai sumber energi utama [3].

Untuk memaksimalkan penyimpan panas pada tangki penyimpan air panas adalah dengan memanfaatkan material berubah fasa (*phase change material*, PCM) sebagai material penyimpan panas. Kebanyakan kajian dilakukan untuk pemanfaatan material penyimpan panas dari hidrat garam, parafin dan senyawa organik [4]. Potensi untuk menghasilkan PCM yang bau dan murah serta tersedia di Indonesia masih banyak, salah satunya adalah dengan memanfaatkan minyak nabati. Minyak nabati memiliki konduktivitas termal yang lebih baik dari parafin. Namun masih banyak bahan lain yang berbentuk minyak yang pastinya lebih murah dan mudah didapatkan disekitar kita, yaitu seperti minyak bekas atau serih disebut minyak jelantah.

Dalam penelitian ini dipilih ada empat bahan minyak sebagai material yang ditambahkan kedalam parafin. Yaitu minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas. Karena dari ke empat bahan tersebut memiliki nilai konduktivitas termal yang lebih tinggi dari parafin. Dengan penambahan minyak nabati atau minyak nabati bekas/jelantah

didalam parafin sebagai PCM diharapkan konduktifitas termal dan titik leleh parafin lebih tinggi.

Dengan beberapa konteks tersebut dapat disimpulkan bahwa masih perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap material penyimpanan panas sehingga dapat meningkatkan efisiensi kolektor surya. Dalam penelitian ini dipilih ada empat bahan minyak sebagai material yang ditambahkan didalam parafin. Yaitu minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas. Untuk memperoleh kehandalan lilin parafin dengan ke empat bahan jenis minyak tersebut sebagai material penyimpanan panas akan dirancang alat uji berupa alat penukar panas untuk mengetahui penyimpanan kalor melalui siklus termal penyerapan dan pengeluaran kalor.

METODOLOGI

Metodologo Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menganalisa karakteristik termal PCM parafin – minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas, serta perpindahan panas yang terjadi pada PCM dalam kolektor.

Waktu dan Tempat

Penelitian ini bertempat di Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember, pada bulan Maret 2016 - April 2017. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Alat
 - Kabel Termokopel Tipe T
 - *Termoreader*
 - *Pyranometer*
 - 2 lampu 1000 watt
2. Bahan
 - Parafin
 - Minyak kelapa, Minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan Minyak goreng bekas
 - Pipa Tembaga Ø12,7 mm dan Ø28,6mm
 - Air

Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Variabel bebas dari penelitian ini adalah bahan campuran PCM parafin dengan minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas dengan presentase campuran masing – masing bahan 20% dari volume total PCM dalam tabung kolektor dan lama waktu pengambilan data.

Variabel Terikat

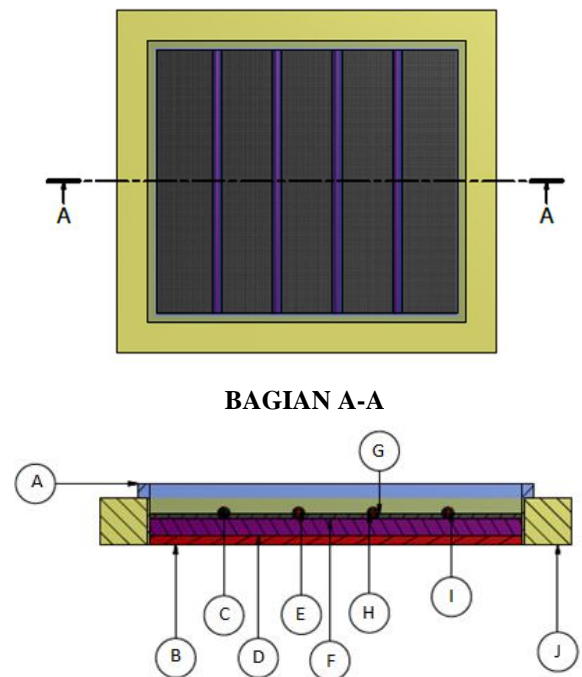
Variabel terikat dari penelitian ini adalah perubahan temperatur (T_{in}) dan air keluar (T_{out}), Energi berguna, dan Efisiensi kolektor surya.

Variabel Penelitian

1. Suhu lingkungan
2. Radiasi *warm lampu* dengan *Pyranometer*
3. Konduktivitas antara pipa luar dengan Material PCM
4. Konduksi pada Material PCM dengan pipa dalam
5. Konveksi antara pipa dalam dengan air
6. Laju perpindahan panas keseluruhan
7. Panas berguna keseluruhan
8. Efisiensi kolektor suya

Skema Alat Uji

1. Skema Kolektor Surya Pelat Datar

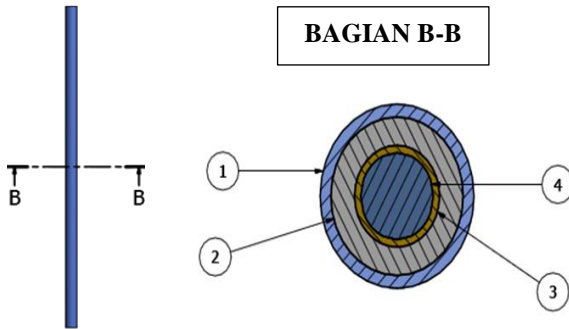


Gambar 1. Skema kolektor surya pelat datar

Keterangan :

- A = Kaca
- B = Glaswol
- C = Parafin – Minyak Goreng Bekas (20% VT)
- D = Sterofoam
- E = Parafin – Minyak Kelapa Bekas (20% VT)
- F = Plat Tembaga
- G = Pipa
- H = Parafin – Minyak Goreng (20% VT)
- I = Parafin – Minyak kelapa (20% VT)
- J = Kayu

2. Sekema Pipa Tembaga Dalam Kolektor Surya Pelat Datar

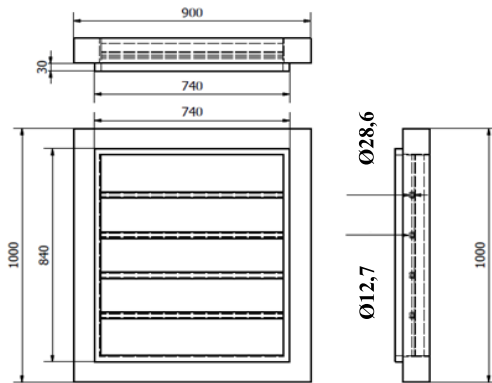


Gambar 2. Skema pipa tembaga

Keterangan :

- 1 = Pipa Tembaga Luar 3 = Pipa Tembaga Dalam
2 = PCM 4 = Air

3. Dimensi Kolektor Surya Pelat Datar

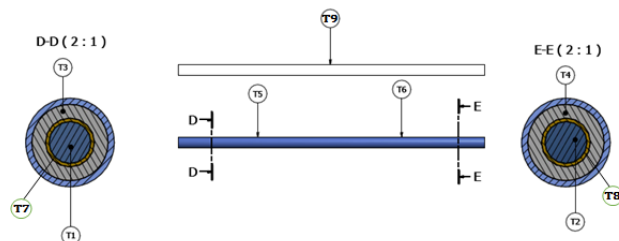


Gambar 3. Dimensi kolektor surya pelat datar

Keterangan :

- a. Panjang kolektor : 1000 mm
b. Lebar kolektor : 900 mm
c. Panjang kolektor yang terkena radiasi lampu : 840 mm
d. Lebar kolektor yang terkena radiasi lampu : 740 mm
e. Jarak antara kaca dengan kolektor : 30 mm
f. Jarak antara pipa : 160 mm
g. Diameter pipa tembaga : Ø28,6 mm
h. Diameter pipa tembaga dalam

Variabel Penelitian



Gambar 4. Skema pengujian suhu pipa kolektor

Keterangan :

- T1 = Suhu air in T6 = Suhu pipa bagian luar 2
T2 = Suhu air out T7 = suhu pipa bagian dalam 1
T3 = Suhu PCM 1 T8 = Suhu pipa bagian dalam 2
T4 = Suhu PCM 2 T9 = Suhu kaca
T5 = Suhu pipa bagian luar 1

Variabel Penelitian

1. Tahapan Persiapan

- Mempersiapkan bahan PCM dengan variasi campuran 20% dari volume total parafin dengan minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas
- Mengukur suhu lingkungan
- Menganalisa Karakteristik PCM menggunakan gelas volume 50 ml dengan PCM 100% parafin, PCM campuran – minyak kelapa 20%, minyak goreng 20%, minyak kelapa bekas 20%, dan minyak goreng bekas 20% dari volumw total dengan suhu 100°C pada proses pemanasan selama 60 menit di dalam *microwave*
- Menganalisa karakteristik PCM menggunakan gelas volume 50 ml dengan PCM 100% parafin, PCM campuran parafin – minyak kelapa 20%, minyak goreng 20%, minyak kelapa bekas 20%, dan minyak goreng bekas 20% dari volume total dengan 100°C pada proses pendinginan selama 120 menit di dalam *microwave*

2. Tahap Penelitian

- Pengambilan data dilakukan dengan memnaskan 50 ml PCM campuran parafin dengan minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas masing – masing persentase 20% menggunakan *microwave* dalam waktu 60 menit dengan temperatur 100°C
- Kemudian PCM campuran parafin dengan minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas didinginkan dalam waktu 120 menit hingga mencapai suhu ruang yaitu ± 30°C.
- Mencatat hasil pengukuran pada tiap interval waktu setiap 5 menit

Metode Pengujian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental pendekatan kuantitatif. Uji statistik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimental faktorial. Dimana pengujian ini digunakan apabila terdapat lebih dari satu faktor yang mempengaruhi sesuatu yang diamati. Dalam penelitian ini faktor yang mempengaruhi thermal kolektor surya adalah waktu dan bahan campuran parafin. Analisa ini dilakukan untuk menyelidiki apakah terdapat perbedaan yang berarti mengenai efek waktu dan bahan campuran parafin terhadap termal kolektor surya

Bentuk eksperimen faktorial dari data hasil percobaan Y_{ijk} dapat di nyatakan dengan model matematis Kismiantini [5] :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad \text{dengan } i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, r$$

Dimana :

- Y_{ijk} : Pengamatan pada faktor a taraf ke-i, faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k
- μ : Rataan umum
- α_i : Pengaruh utama faktor A taraf ke-i
- β_j : Pengaruh utama faktor B taraf ke-j
- $(\alpha\beta)_{ij}$: Pengaruh interaksi dari faktor A taraf ke-i dan faktor B taraf ke-j
- ϵ_{ijk} : Pengaruh acak pada faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

1. Penyajian Data Eksperimen Faktorial

Penelitian yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran bahan parafin dengan minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas dengan masing – masing persentase bahan 20% dan waktu pengamatan mulai awal penelitian hingga 3 jam dengan interval 5 menit.

Percobaan Faktorial dengan Metode Rancang Acak Rangkap dimana penelitian ini ingin mengetahui pengaruh variasi bahan dan pengaruh lama waktu pengambilan data terhadap efisiensi termal kolektor surya diberikan perlakuan sama (homogen) untuk seluruh spesimen uji dan kombinasi perlakuan ditempatkan secara acak dan bebas pada percobaan.

Tabel 1. Tabel Anova

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel 5%
Faktor A	JKB	a – 1	$\frac{JKB}{a - 1}$	KTG/ KTG	
Faktor B	JKK JK	b – 1	$\frac{JKK}{a - 1}$	KTB/ KTG	
Interaksi	(BK)	(a – 1) (b – 1)	$\frac{JK(BK)}{(a - 1)(b - 1)}$	KTA B/KTG	
Galat	JKG	ab(n-1)	$\frac{JKG}{ab(n - 1)}$		
Total	JKT	abn – 1			

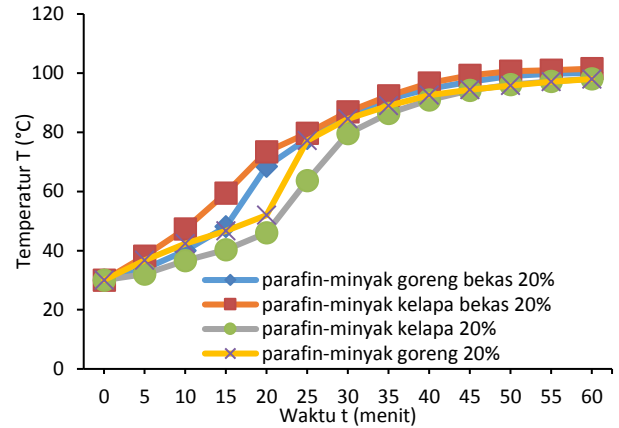
Sumber: Walpole, E (1995:409)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Perubahan Fasa pada PCM

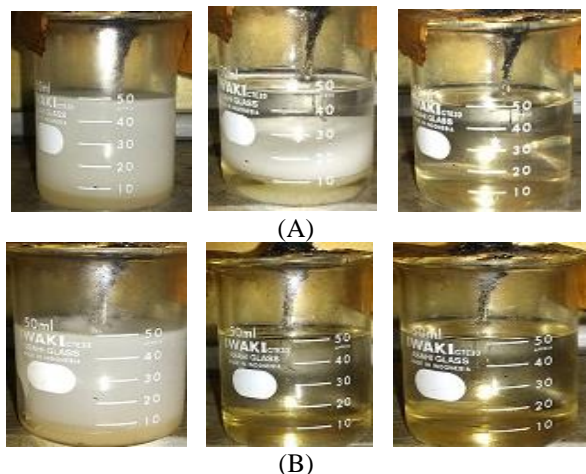
Pengujian karakteristik PCM parafin – minyak kelapa, parafin – minyak goreng, parafin – minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas dilakukan dengan memanaskan 50 ml PCM campuran masing – masing

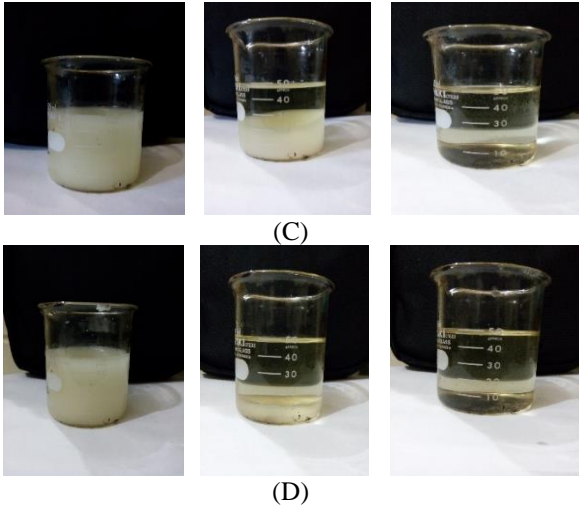
20% menggunakan microwave dalam waktu 60 menit dengan temperatur 100°C kemudian PCM campuran parafin – minyak kelapa, parafin – minyak goreng, parafin minyak kelapa bekas, dan parafin – minyak goreng bekas didinginkan dalam waktu 120 menit hingga mencapai suhu kamar yaitu ± 30°C.



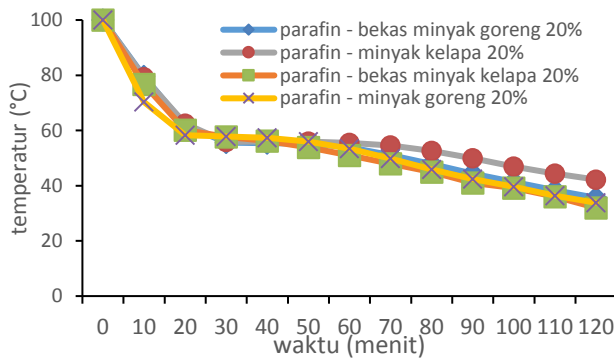
Gambar 5. Hubungan antara waktu dan temperatur PCM pada saat dilakukan proses pemanasan untuk mengetahui titik leleh PCM.

Dari grafik pada Gambar 5, bisa dilihat bahwa parafin – minyak kelapa bekas 20% mengalami kenaikan suhu lebih besar daripada ke tiga PCM lainnya. Hal ini dikarenakan bekas minyak kelapa mempunyai konduktivitas termal lebih tinggi yaitu sekitar 0,65 W/m.K, sehingga jika dicampur dengan parafin bisa menaikkan konduktivitas termal dari PCM parafin – minyak kelapa bekas 20% itu sendiri. Dari percobaan tersebut bisa dilihat berbagai variasi dan lama pencairan, PCM campuran parafin – minyak kelapa 20% mengalami pencairan keseluruhan pada suhu 46°C pada waktu 20 menit pemanasan, PCM campuran parafin – minyak goreng 20% mencair keseluruhan pada suhu 52°C menit ke-20, PCM campuran parafin – minyak goreng bekas 20% mencair keseluruhan pada suhu 48,1°C menit ke-15, sedangkan PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% mencair keseluruhan pada suhu 47,3°C pada waktu yang lebih cepat dari ketiga bahan PCM yaitu pada waktu 10 menit.



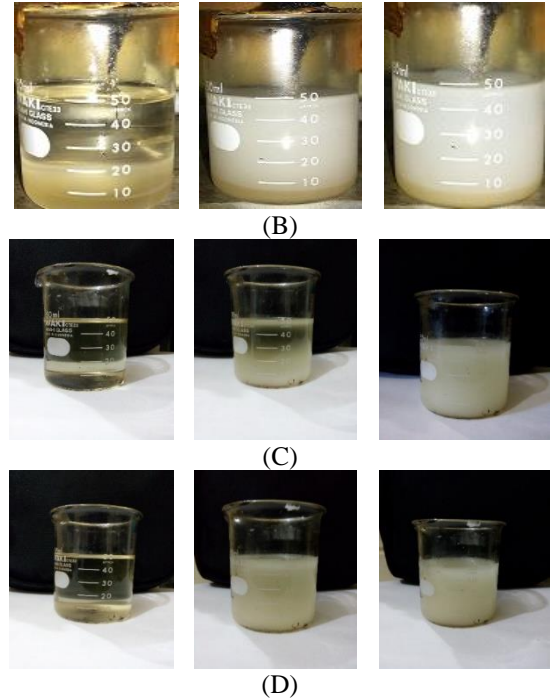
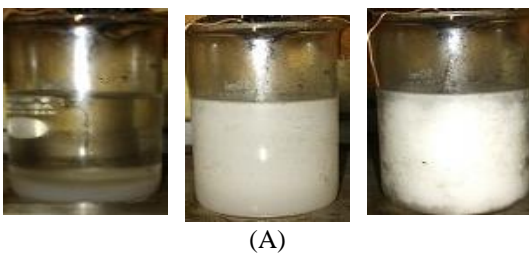


Gambar 6. Perubahan fasa PCM campuran parafin – minyak kelapa 20% (A), campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% (B), campuran parafin – minyak goreng 20% (C), dan campuran parafin – minyak goreng bekas 20% (D) pada saat proses pemanasan.



Gambar 7. Korelasi antara waktu dan temperatur PCM, pada saat dilakukan proses pendinginan untuk mengetahui titik baku PCM

Dari grafik pada Gambar 7, diketahui bahwa penurunan paling cepat didapat oleh PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% dengan suhu akhir 32°C dengan pendinginan selama 2 jam. PCM campuran parafin – minyak goreng 20% mempunyai suhu akhir 33,8°C, PCM campuran parafin – minyak goreng bekas 20% mempunyai suhu akhir 35,6°C. Sedangkan PCM campuran parafin – minyak kelapa 20% mempunyai suhu akhir 42,2°C. Dari data diatas bisa dilihat bahwa PCM campuran parafin – minyak kelapa 20% dapat mempertahankan suhu dengan baik dibandingkan dengan bahan campuran lainnya.



Gambar 8. Perubahan fasa PCM campuran parafin – minyak kelapa 20%, campuran parafin – minyak goreng bekas 20%, campuran parafin – minyak goreng 20%, dan campuran parafin – minyak kelapa 20%.

KESIMPULAN

Pengujian karakteristik perubahan fasa pada PCM campuran parafin – minyak kelapa 20% menghasilkan temperatur 98,1°C, PCM campuran parafin – minyak goreng 20% menghasilkan temperatur 98°C, PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% menghasilkan temperatur 101,5°C, dan PCM campuran parafin – minyak goreng bekas 20% menghasilkan temperatur 100,1°C. Jadi bisa dilihat dari ke empat bahan campuran yang mengalami kenaikan suhu paling cepat yaitu PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% sedangkan untuk proses pendinginan PCM campuran parafin – minyak kelapa 20% yang mampu menahan panas lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widodo, Suryono, Tatyantoro, Tugino. 2009. *Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas*. Semarang: Fakultas Ekonomi, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [2] Manan Siful. Tanpa tahun. *Energi Mahari, Sumber Energi Alternatif Yang Effisien Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia*. Program Diploma III Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.



- [3] Sulaeman dan Mapasid. 2013. *Analisa Efisiensi Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Debit Aliran Fluida 3-10 Liter/Menit*. Alumni Teknik Mesin ITP. Dosen Teknik Mesin-Institut Teknologi Padang.
- [4] Abhat A. 1981. *Performance studies of a finned heat pipe latent heat thermal energy storage system*. New York : Pergamon press.
- [5] Setiawan, Dkk. 2012. *Pengujian Proses Discharging Sebuah Pemanas Air Energi Surya Tipe Kotak Sederhana Yang Dilengkapi PCM dengan Kapasitas 100 Liter Air*. Medan : Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara.